

2013年1月28日、東京工業大学の細野教授のグループは、層状化合物  $\text{Ca}_2\text{N}$  がイオン層の隙間に2次元電子層を生じさせる新たな構造のエレクトライド（電子化物）であることを発見した。イオン層の隙間に電子層が存在し、そこを電子が流れるのは、通常の層状物質にはない新しい現象である。格子振動や不純物による散乱を受けにくいために面方向の電気伝導度は大きくなり、銀や銅にも匹敵する。同グループは純粋で良質な  $\text{Ca}_2\text{N}$  単結晶の作製と物性測定に世界で初めて成功し、今回の発見に至った。

## トピックス / イオン層の隙間に電子層が生じる2次元エレクトライドを発見

2013年1月28日、東京工業大学の細野秀雄教授のグループは、層状化合物  $\text{Ca}_2\text{N}$  がイオン層の隙間に2次元電子層が生じる新たなタイプのエレクトライド（電子化物）であることを発見した<sup>1,2)</sup>。電子が面方向に極めて動きやすく、銀や銅にも匹敵する電気伝導度を持つことも明らかになった。

エレクトライドとは、陰イオンが電子に置き換わっていたり、陽イオンから離れた隙間に電子が溜まったりする構造で、希にしか存在しない。同グループでは、2003年に  $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$  の結晶中の特定の酸素イオンを電子で置き換えることによりエレクトライドの作製に成功していた。この物質は、電子が隙間の中に0次元的に閉じ込められて動き難く、電気伝導度は小さい。電子を閉じ込める隙間が2次元的な層構造であれば、電子は面方向には動き易いはずである。そこで、層状化合物  $\text{Ca}_2\text{N}$  に着目して研究を進めた結果、この物質が新たな構造の2次元エレクトライドであることを発見した。

$\text{Ca}_2\text{N}$  の結晶構造自体は分かっていたが、 $\text{Ca}_3\text{N}_2$  を含んでしまうなど、純粋で良質な単結晶を作るのが難しく、正確な物性測定はされていなかった。同グループでは、合成温度（800℃）からの急冷や過剰のCaを加えるなどの工夫により、世界で初めて良質の単結晶の作製に成功し、その物性測定に成功した。

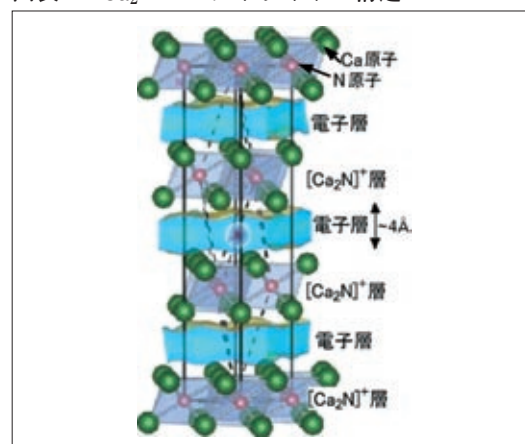
$[\text{Ca}_2\text{N}]^+$  イオン層の隙間に2次元的な電子層が存在するという他に例を見ない特異な構造（図表1）であることが、磁場中での電気抵抗の測定や、密度汎関数法を用いた電子分布の計算により判明した。通常の層構造物質、例えばグラファイトや銅酸化物高温超伝導体では、2次元イオン層と電子層は同一の層であり、イオン層を電流が流れる。今回の2次元エレクトライドでは、イオン層の隙間を電子が流れるという新たな特徴を持つ。

面方向の電気抵抗率は極めて小さく、銀や銅にも匹敵する（図表2）。これは、電子が結晶構造の隙間を流れるため、格子振動や不純物による散乱

を受け難くなることが理由である。実際に、電子移動度は通常の金属より10倍程度高い。電子濃度も高くかつ温度に依らず一定で、Ca原子2個とN原子1個より電子1個が供給されるため、構造式は  $[\text{Ca}_2\text{N}]^+e^-$  と表記できる。

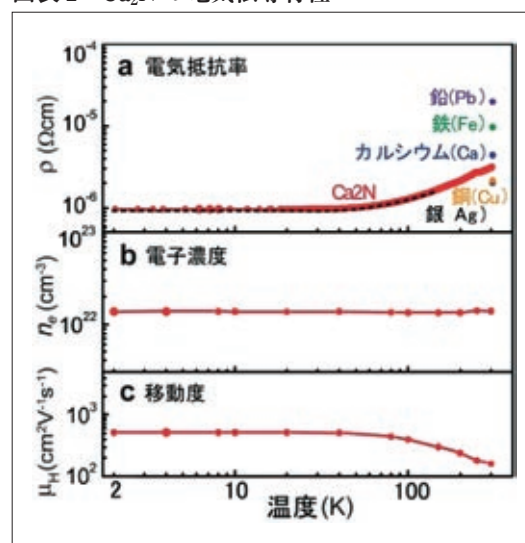
今回発見された2次元エレクトライドは、イオン層の隙間を電子が流れるという全く新しい物理現象を含み、量子力学的にも興味深い。なお、細野教授は、鉄系超伝導体の発見者としても知られている。

図表1  $\text{Ca}_2\text{N}$  エレクトライドの構造



出典：  
参考1

図表2  $\text{Ca}_2\text{N}$  の電気伝導特性



出典：  
参考1

- 参 考 1) 東京工業大学ニュースリリース：[http://www.titech.ac.jp/file/pressrelease20130131\\_hosono.pdf](http://www.titech.ac.jp/file/pressrelease20130131_hosono.pdf)  
2) nature 494, 336-340：<http://www.nature.com/nature/journal/vaop/ncurrent/full/nature11812.html>